

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-290064

(43)Date of publication of application : 17.10.2000

---

(51)Int.Cl. C04B 35/19

---

(21)Application number : 11-098454

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 06.04.1999

(72)Inventor : NOSE TETSUO  
MORITA HIDEHIKO  
TAKAHASHI FUMIAKI

---

**(54) LOW THERMAL EXPANSION AND HIGH RIGIDITY CERAMIC SINTERED COMPACT****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a low thermal expansion ceramic sintered compact having both high relative rigidity and a low coefficient of thermal expansion and excellent in thermal and mechanical stabilities.

**SOLUTION:** The ceramic sintered compact comprises solid solution grains having a hexagonal close-packed structure as the crystal structure and substantially represented by the formula  $M_{ga}Li_bFe_cAl_dSi_eO_f$ , wherein (a) is 1.8-1.9, (b) is 0.1-0.3, (c) is 0-0.2, (d) is 3.9-4.1, (e) is 6.0-7.0 and (f) is 19-23. The lattice constants  $a_0$  and  $c_0$  of the solid solution grains are 9.774-9.804 Å and 9.286-9.330 Å, respectively, and the relative density of the sintered compact is  $\geq 98\%$ .

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 20.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3090914

[Date of registration] 21.07.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-290064

(P2000-290064A)

(43) 公開日 平成12年10月17日 (2000. 10. 17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

C 0 4 B 35/19

識別記号

F I

C 0 4 B 35/18

テームコード\* (参考)

A 4 G 0 3 0

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-98454

(22) 出願日 平成11年4月6日 (1999. 4. 6)

(71) 出願人 000006855

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 野瀬 哲郎

川崎市中原区井田3丁目35番1号 新日本  
製鐵株式会社技術開発本部内

(72) 発明者 森田 英彦

東京都千代田区大手町2-6-3 新日本  
製鐵株式会社内

(74) 代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低熱膨張高剛性セラミックス焼結体

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、高い比剛性と低熱膨張係数を両立する熱的機械的安定性に優れた低熱膨張セラミックス焼結体を提供することにある。

【解決手段】 本発明の低熱膨張高剛性セラミックス焼結体は、結晶構造が六方最密充填構造をとり、実質的に式  $M_aLi_bFe_cAl_dSi_eO_f$  (式中の  $a$  の範囲は  $1.8 \sim 1.9$ 、 $b$  の範囲は  $0.1 \sim 0.3$ 、 $c$  の範囲は  $0 \sim 0.2$ 、 $d$  の範囲は  $3.9 \sim 4.1$ 、 $e$  の範囲は  $6.0 \sim 7.0$ 、 $f$  の範囲は  $19 \sim 23$ ) で表わせる固溶体結晶粒からなることを特徴とするものである。さらに固溶体結晶粒の格子定数の範囲としては、 $a_0 = 9.774 \sim 9.804 \text{ \AA}$ 、 $c_0 = 9.286 \sim 9.330 \text{ \AA}$  で、焼結体の相対密度が  $98\%$  以上であることを特徴とするものである。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 結晶構造が六方最密充填構造をとり、実質的に式 $M_aLi_bFe_cAl_dSi_eO_f$ （式中のaの範囲は1.8~1.9、bの範囲は0.1~0.3、cの範囲は0~0.2、dの範囲は3.9~4.1、eの範囲は6.0~7.0、fの範囲は19~23）で表わせる固溶体結晶粒からなることを特徴とする低熱膨張高剛性セラミックス焼結体。

【請求項2】 固溶体結晶粒の格子定数の範囲が、 $a_0=9.774\sim9.804\text{\AA}$ 、 $c_0=9.286\sim9.330\text{\AA}$ であることを特徴とする請求項1記載の低熱膨張高剛性セラミックス焼結体。

【請求項3】 焼結体の相対密度が98%以上であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の低熱膨張高剛性セラミックス焼結体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、温度変化に伴う熱膨張収縮による寸法変化や形状変化を嫌う精密制御機器部材、光学機器部材、もしくは高い熱衝撃抵抗性が要求される部材などに使用される熱的安定性と比剛性に優れた低熱膨張高剛性セラミックス焼結体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、熱的安定性が要求される条件で使用される材料としてはインバー合金（Fe-Ni系）、スーパーインバー合金（Fe-Ni-Co系）などの低熱膨張金属材料、石英ガラス（ $SiO_2$ ）、酸化チタン含有石英ガラス（ $SiO_2-TiO_2$ ）などの低熱膨張ガラス、さらに、チタン酸アルミニウム（ $TiO_2\cdot Al_2O_3$ ）、ユークリプタイト（ $Li_2O\cdot Al_2O_3\cdot 2SiO_2$ ）、 $\beta$ -スポジューメン（ $Li_2O\cdot Al_2O_3\cdot 4SiO_2$ ）、ベタライト（ $Li_2O\cdot Al_2O_3\cdot 8SiO_2$ ）、コーディエライト（ $2MgO\cdot 2Al_2O_3\cdot 5SiO_2$ ）、等の低熱膨張セラミックスが知られている。これらの材料は、熱膨張係数が室温近傍で $1.2\times 10^{-6}/^{\circ}C$ 以下と小さく熱的安定性に優れたものの、一般にヤング率と比重の比で表わせる比剛性が45GPa/q/cm<sup>3</sup>より低く、寸法安定性や耐熱衝撃性が要求される部材において、外力もしくは自重に対して変形しやすい、または部材の振動に対する共振周波数が低く振幅が大きいという欠点があった。

【0003】例えば、インバー合金は、熱膨張係数が室温近傍で $1.2\times 10^{-6}/^{\circ}C$ 程度と比較的小さく、またヤング率が144GPaと低熱膨張材料の中では高い方であるが、比重が大きく、比剛性が18GPa/q/cm<sup>3</sup>と小さい。また、スーパーインバー合金は、熱膨張係数は $0.13\times 10^{-6}/^{\circ}C$ と小さいものの、比剛性は17GPa/q/cm<sup>3</sup>と小さく、機械的安定性に劣る。

【0004】石英ガラスは、熱膨張係数が $0.48\times 10^{-6}/^{\circ}C$ と小さいが、比剛性は33GPa/q/cm<sup>3</sup>と十分でなく、酸化チタン含有石英ガラスでは熱膨張係数は $0.05\times 10^{-6}/^{\circ}C$ 程度と極めて小さいが、比剛性は33GPa/q/cm<sup>3</sup>程度と高く

なく、機械的安定性に劣る。

【0005】さらに、チタン酸アルミニウムは熱膨張係数が $-0.8\times 10^{-6}/^{\circ}C$ とマイナス膨張を示すが、比剛性は2GPa/q/cm<sup>3</sup>程度と極めて小さい。ユークリプタイト、 $\beta$ -スポジューメン、ベタライト、等のリチウムアルミノシリケート系低熱膨張セラミックスは、熱膨張係数が $-5\sim -1\times 10^{-6}/^{\circ}C$ と小さいが、比剛性は35GPa/q/cm<sup>3</sup>程度と高くはなく、機械的安定性に劣る。コーディエライトの緻密質焼結体は比剛性が50GPa/q/cm<sup>3</sup>程度と上記の各種低熱膨張材と比べると優れたものの、熱膨張係数は $0.5\times 10^{-6}/^{\circ}C$ 程度と十分低いとは言えない。

【0006】比較的高い比剛性が得られるコーディエライトの熱膨張係数を小さくする目的で特開昭61-72679号公報記載の発明では、結晶相としてコーディエライト相と $\beta$ -スポジューメン相、さらにスピネル等の副結晶相を共存させる方法が開示されており、コーディエライト単身に比べて低熱膨張化が図れることが報告されている。また、同様の目的で、特開平10-53460号公報記載の発明では、結晶相としてベタライト相、スポジューメン相、コーディエライト相を共存させた緻密なセラミックスが報告されており、耐熱衝撃性に優れることが開示されている。さらに、特開昭58-125662号公報記載の発明では、ジルコニウム化合物とリン化合物とをコーディエライトに添加し、コーディエライト中にジルコンを共存させるセラミックスの製造方法が開示されており、得られた焼結体は耐熱衝撃性に優れることが報告されている。しかし、これらの材料は、熱膨張係数が十分低いとは言えず、精密制御機器部材、光学機器部材、もしくは高い熱衝撃抵抗性が要求される部材などに使用される構造部材としては、熱的機械的安定性が十分とは言えないのが現状である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述のように従来の低熱膨張セラミックス材料では、熱膨張係数が小さいものでは比剛性が低く、比剛性の高いものでは熱膨張係数が十分低くないため、例えば45GPa/q/cm<sup>3</sup>以上と高い比剛性を維持したまま熱膨張係数の絶対値が $0.1\times 10^{-6}/^{\circ}C$ 以下となるような熱的安定性を確保するには至っていないため、精密構造部材としての熱的信頼性に欠ける問題点があった。本発明の目的は、高い比剛性と低熱膨張係数を両立する熱的機械的安定性に優れた低熱膨張セラミックス焼結体を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の低熱膨張高剛性セラミックス焼結体は、結晶構造が六方最密充填構造をとり、実質的に式 $M_aLi_bFe_cAl_dSi_eO_f$ （式中のaの範囲は1.8~1.9、bの範囲は0.1~0.3、cの範囲は0~0.2、dの範囲は3.9~4.1、eの範囲は6.0~7.0、fの範囲は19~23）で表わせる固溶体結晶粒からなることを特徴とするものである。

【0009】上記セラミックス焼結体において、さらに好ましくは、固溶体結晶粒の格子定数の範囲としては、 $a_0=9.774\sim9.804\text{\AA}$ 、 $c_0=9.286\sim9.330\text{\AA}$ である。さらに上記セラミックス焼結体の相対密度が98%以上であることがより好ましい。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】本発明者は種々の研究の結果、不可避免的な不純物は除き、実質的に式 $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ で表わせ、六方最密充填構造の結晶構造をもつ固溶体の単一相のみからなる焼結体で、それぞれの元素の比率を所定の範囲で制御することにより熱膨張係数の絶対値を室温近傍で $0.1\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下とし、かつ比剛性が45GPa/q/cm<sup>2</sup>以上に制御可能なことを見出した。 $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ で表わせる固溶体相以外に熱膨張係数の大きいアモルファス相や立方晶系結晶構造をとるスピネル相等の第2相が存在すると、十分に低い熱膨張係数が得られない。また、高い比剛性を得るためには、 $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ で表わせる固溶体相以外に比剛性の小さいアモルファス相、正方晶系結晶構造の $\beta$ -スポジューメン相や六方晶系結晶構造の $\beta$ -石英固溶体相、等の第2相は存在しないことが望ましい。本発明による固溶体結晶粒は実質的に式 $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ で表わせるが、式中のaの範囲としては1.8~1.9であることが好ましい。1.8より小さいと比剛性が低下すると共に、スポジューメン相等の第2相が生成しやすくなる。また1.9より大きいと熱膨張係数が $0.1\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ より大きくなる。また、式中のbの範囲は0.1~0.3であることが好ましい。0.1より小さいと熱膨張係数が $0.1\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ より大きくなり、0.3より大きいと比剛性が低下する。さらに式中のcの範囲は0~0.2が好ましい。0.2を超えると、熱膨張係数が大きくなり、かつ比剛性が低下する。cが0.05より小さい場合は、焼結体は白色を呈し、0.05~0.2の範囲では、焼結体はグレー色を呈する。式中のdの範囲は3.9~4.1が好ましい。3.9より小さいと比剛性が低下し、4.1を超えると、アルミナ相が第2相として生成する場合があります、熱膨張係数が著しく大きくなる。式中のeの範囲は6.0~7.0であることが好ましい。6.0より小さいと $\mu$ -コーディエライト結晶相が焼結体中に残存する場合があります、熱膨張係数が大きくなる。また、7.0より大きくなると、比剛性が著しく低下する。さらに式中のfの範囲は19~23であることが望ましい。19より小さいと熱膨張係数が大きくなり、23より大きいと比剛性が著しく低下する。

【0011】また、本発明によるセラミックス焼結体の焼結体研削面表面でX線回折法により解析される固溶体結晶粒の格子定数の範囲としては、 $a_0=9.774\sim9.804\text{\AA}$ 、 $c_0=9.286\sim9.330\text{\AA}$ であることが好ましい。 $a_0$ が9.74Åより小さい、もしくは $a_0$ が9.804Åより大きい場合、また、 $c_0$ が9.286Åより小さい、もしくは $c_0$ が9.330Åより大きい場合には、いずれも室温近傍で絶対値が $0.1\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の十分に低い熱膨張係数が得られない。

【0012】さらに本発明からなるセラミックス焼結体は、その相対密度が98%以上であることがより好ましい。98%未満では、比剛性が著しく低下するため好ましくない。

【0013】本発明の $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ で表わせる固溶体相は、所定のモル比となるように調製された化合物の混合粉からなる成形体を焼結過程で反応させ、合成することが可能である。また、成形・焼結の前に、あらかじめ粉末の状態で混合・仮焼・粉碎処理、もしくは混合粉末の電融処理などにより $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ 固溶体からなる粉末を合成しておいても構わない。用いる原料としては、例えば、酸化マグネシウム( $\text{MgO}$ )粉末、水酸化マグネシウム( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ )粉末、酸化リチウム( $\text{Li}_2\text{O}$ )粉末、炭酸リチウム( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )粉末、酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )粉末、酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )粉末、酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )粉末、スピネル( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )粉末、スポジューメン( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ )粉末、ベタライト( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ )粉末など $\text{Mg}$ 、 $\text{Li}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{O}$ の元素を含む公知の原料を利用可能である。本発明の $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ 固溶体の式中a~fの値の範囲を満足する固溶体を得られれば、何れの原料の組み合わせでも構わない。

【0014】本発明により得られる低熱膨張高剛性セラミックス焼結体は、結晶構造が六方最密充填構造を取り、実質的に式 $\text{Mg}_a\text{Li}_b\text{Fe}_c\text{Al}_d\text{Si}_e\text{O}_f$ （式中のaの範囲は1.8~1.9、bの範囲は0.1~0.3、cの範囲は0~0.2、dの範囲は3.9~4.1、eの範囲は6.0~7.0、fの範囲は19~23）で表わせる固溶体結晶粒からなり、好ましくは固溶体結晶粒の格子定数の範囲としては、 $a_0=9.774\sim9.804\text{\AA}$ 、 $c_0=9.286\sim9.330\text{\AA}$ であり、さらに好ましくは上記セラミックス焼結体の相対密度が98%以上であるが、これらの組み合わせの結果として、部材として使用する頻度の高い室温近傍で絶対値が $0.1\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下と極めて低い熱膨張係数を示すとともに、ヤング率と比重の比で表わせる比剛性が45GPa/q/cm<sup>2</sup>以上と高く、高い比剛性を維持したまま低い熱膨張係数を有する熱的機械的安定性に優れた焼結体を得るといって本課題を解決することができた。

#### 【0015】

【実施例】次に本発明の実施例を比較例と共に説明する。

【0016】酸化マグネシウム( $\text{MgO}$ )粉末（平均粒径 $0.2\mu\text{m}$ ）、水酸化マグネシウム( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ )粉末（平均粒径 $0.5\mu\text{m}$ ）、酸化リチウム( $\text{Li}_2\text{O}$ )粉末（平均粒径 $1\mu\text{m}$ ）、炭酸リチウム( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ )粉末（平均粒径 $2\mu\text{m}$ ）、酸化鉄( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )粉末（平均粒径 $3\mu\text{m}$ ）、酸化鉄( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )粉末（平均粒径 $3\mu\text{m}$ ）、酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )粉末（平均粒径 $0.6\mu\text{m}$ ）、酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )粉末（平均粒径 $0.5\mu\text{m}$ ）、スポジューメン( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ )粉末（平均粒径 $5\mu\text{m}$ ）、ベタライト( $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ )粉末（平均粒径 $4\mu\text{m}$ ）から選ばれる原料粉末を第1表に記載の配

合にて、水を溶媒として4時間ボールミル混合し、混合粉末を得た。次いで得られた混合粉末を乾燥、成形の後、焼結した。成形条件としては、冷間静水圧による加圧140MPaとし、60x60x15mmの板状体を得た。焼結としては、大気中にて常圧焼結（焼結温度1250～1420℃、2～12時間保持）を行った。

【0017】得られた焼結体中の $Mg_xLi_yFe_zAl_dSi_eO_q$ 固溶体相のモル比の定量分析には誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP法）を用いた。焼結体中の主結晶相および副結晶相の結晶構造は焼結体研削面表面をX線回折法により解析し、主結晶相の格子定数 $a_0$ は同解析結果の(110)面の格子面間隔から、 $c_0$ は(002)面の格子面間隔から決定した。焼結体の比重および相対密度はアルキメデス法により測定、算出した。室温近傍の熱膨張係数は、JIS-R3251を用い、二重光路マイケルソン型レーザー干渉方式のレーザー熱膨張計にて20～25℃の平均熱膨張係数として測定した。ヤング率は、JIS-R1602に準拠し、超音波パルス法にて室温で測定した。比剛性は得られたヤング率の値を比重で除した値を用いた。

【0018】試験結果を焼結体の組成と共に第1表に示す \*20

第1表(1)

No	MgO wt%	Mg(OH) <sub>2</sub> wt%	Li <sub>2</sub> O wt%	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> wt%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> wt%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> wt%	SiO <sub>2</sub> wt%	LiAlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> wt%	LiAlSi <sub>4</sub> O <sub>10</sub> wt%
1	11.2	----	0.5	----	----	0.8	30.1	57.4	----	----
2	11.4	----	----	----	----	----	28.8	54.8	5.0	----
3	----	15.0	0.3	----	1.1	----	28.4	55.2	----	----
4	10.2	----	----	1.5	2.1	----	28.0	58.2	----	----
5	----	15.6	----	----	----	0.8	27.3	51.3	5.0	----
6	----	15.9	0.3	----	1.2	----	29.4	53.2	----	----
7	10.6	----	----	----	1.7	----	27.2	49.8	----	10.7
8	11.4	----	----	----	----	0.6	30.4	54.4	3.2	----
9	----	15.1	----	1.2	0.5	----	28.0	55.2	----	----
10	13.8	----	----	----	----	----	34.9	51.3	----	----
11	----	16.7	0.1	----	----	----	30.0	53.2	----	----
12	11.9	----	----	----	1.0	----	30.0	44.1	13.0	----
13	10.1	----	----	----	----	0.6	29.2	45.6	----	14.5
14	----	18.2	0.1	----	1.2	----	32.3	48.2	----	----
15	9.7	----	----	----	----	5.6	30.7	49.6	4.4	----
16	12.3	----	0.8	----	----	----	38.9	48.0	----	----
17	6.2	----	----	----	1.2	----	28.5	61.8	----	2.3
18	----	17.0	----	----	0.4	----	30.3	50.1	2.2	----

wt% : 重量%

【表2】

【0021】

\*す。

【0019】表より明らかなように、本発明の低熱膨張セラミックス焼結体は、六方晶系の $Mg_xLi_yFe_zAl_dSi_eO_q$ （式中のaの範囲は1.8～1.9、bの範囲は0.1～0.3、cの範囲は0～0.2、dの範囲は3.9～4.1、eの範囲は6.0～7.0、fの範囲は19～23）で表わせる固溶体結晶粒からなり、固溶体結晶粒の格子定数は、 $a_0=9.774\sim9.804\text{\AA}$ 、 $c_0=9.286\sim9.330\text{\AA}$ の各範囲内にあり、かつ焼結体の相対密度は98%以上であり、比較例と比べて、熱膨張係数の絶対値が室温近傍で $0.1\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下と極めて低い熱膨張係数を示すとともに、ヤング率と比重の比で表わせる比剛性が45GPa/q/cm<sup>3</sup>以上と高く、高い比剛性を維持したまま低熱膨張であることがわかる。一方、比較例に示すように、第2相（副結晶相）として正方晶系のβ-スボジューメン相、六方晶系のコーディエライト相、立方晶系のスピネル相などが存在する場合は、熱膨張係数が大きく、比剛性に劣ることがわかる。

【0020】

【表1】

第1表(2)

		焼結体結晶構造		主結晶の格子定数		Mg <sub>8</sub> Li <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> Al <sub>4</sub> Si <sub>6</sub> O <sub>7</sub> 固溶体相の a~f値*					
		主結晶	副結晶	a <sub>0</sub> (Å)	c <sub>0</sub> (Å)	a 値	b 値	c 値	d 値	e 値	f 値
本 発 明	1	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.778	9.310	1.88	0.23	0.08	4.00	6.48	21.03
	2	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.778	9.290	1.80	0.18	0.00	3.98	6.50	20.96
	3	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.776	9.320	1.85	0.15	0.10	4.02	6.63	21.32
	4	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.800	9.290	1.80	0.29	0.19	3.91	6.90	21.80
	5	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.802	9.288	1.90	0.11	0.05	4.05	6.15	20.38
	6	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.778	9.290	1.87	0.15	0.10	3.95	6.05	20.07
	7	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.802	9.290	1.88	0.25	0.15	4.08	6.95	22.18
	8	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.776	9.320	1.81	0.11	0.05	3.92	6.01	19.82
	9	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.778	9.312	1.89	0.23	0.05	4.00	6.70	21.46
比 較 例	10	六方晶 <sup>2)</sup>	なし	9.770	9.352	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	11	六方晶 <sup>3)</sup>	なし	9.774	9.340	1.95	0.05	0.00	4.01	6.05	20.09
	12	六方晶 <sup>4)</sup>	正方晶 <sup>5)</sup>	9.772	9.346	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	13	六方晶 <sup>1)</sup>	六方晶 <sup>4)</sup>	9.776	9.320	1.75	0.33	0.05	4.00	5.30	18.67
	14	六方晶 <sup>1)</sup>	立方晶 <sup>5)</sup>	9.776	9.340	1.85	0.05	0.10	3.96	5.80	19.52
	15	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.806	9.284	1.55	0.15	0.45	4.01	5.60	19.29
	16	六方晶 <sup>1)</sup>	立方晶 <sup>5)</sup>	9.772	9.346	1.88	0.35	0.00	5.00	5.60	20.76
	17	六方晶 <sup>1)</sup>	六方晶 <sup>4)</sup>	9.806	9.284	1.05	0.05	1.00	3.85	7.20	22.25
	18	六方晶 <sup>1)</sup>	なし	9.772	9.348	1.93	0.08	0.03	4.02	5.70	19.43

\* : 焼結体中に Mg<sub>8</sub>Li<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>7</sub> 固溶体相が存在している場合のみ記載1) : Mg<sub>8</sub>Li<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>Al<sub>4</sub>Si<sub>6</sub>O<sub>7</sub> 固溶体相

2) : α-コーディエライト相

3) : β-スボシューメン相

4) : μ-コーディエライト相

5) : スピネル相

【0022】

【表3】

第1表(3)

	No	比重 g/cm <sup>3</sup>	相対 密度 %	熱膨張係数 (20~25℃) × 10 <sup>-6</sup> /℃	ヤング率 GPa	比剛性 GPa/g/cm <sup>3</sup>
本 発 明	1	2.38	99	0.05	120	50.4
	2	2.41	99	-0.01	130	53.9
	3	2.39	99	0.00	127	53.1
	4	2.37	98	0.08	114	48.1
	5	2.47	99	0.02	139	56.3
	6	2.43	99	-0.02	133	54.7
	7	2.38	99	0.09	113	47.5
	8	2.48	99	0.01	131	52.8
	9	2.40	99	0.07	122	50.8
比 較 例	10	2.50	99	0.43	135	54.0
	11	2.41	99	0.13	127	52.7
	12	2.30	98	0.17	99	43.0
	13	2.24	90	0.25	80	35.7
	14	2.28	93	0.31	87	38.2
	15	2.53	95	0.18	109	43.1
	16	2.51	99	0.15	110	43.8
	17	2.56	98	0.22	118	46.1
	18	2.23	89	0.05	83	37.2

【0023】

【発明の効果】本発明により、高い比剛性を維持しつつ  
室温近傍の熱膨張係数を小さくし、熱的機械的安定性を\*

\* 著しく向上させた低熱膨張高剛性セラミックス焼結体が  
提供可能となり、その工業的有用性は非常に大きい。

---

フロントページの続き

(72)発明者 高橋 史明  
川崎市中原区井田3丁目35番1号 新日本  
製鐵株式会社技術開発本部内

Fターム(参考) 4G030 AA02 AA07 AA27 AA36 AA37  
BA18 BA20 BA21 BA24 CA01  
HA16 HA17